

ZSCT1A 智能电导盐密测试仪

使用说明书

武汉中试高测电气有限公司

引言

一般电压等级高、输送容量大的电站和线路，常在电网中起重要的作用。我国电力系统一般网架比较薄弱，多次污闪跳闸即有可能带来整个系统瓦解，引起大面积停电，某些污闪事故停电及检修时停

电带来少送电量引起的损失，远远超过基建时外绝缘的投资。因此，在设计建造前应首先测定外绝缘的饱和盐密度以确定所在区域的污秽等级，选择合适的外绝缘爬电比距，使污闪事故率降低到本电力系统安全经济送电可以接受的程度(即可接受的污闪事故率)，让国民经济损失降低到最少。

污闪事故不同于一般单纯的设备事故，它涉及面广、影响设备多且分散，往往造成大面积、多设备的连锁事故。对于已经投入使用高压输电线路、发电厂、变电站等场所的外绝缘设备应当每年至少检测一次其表面污秽程度，以衡量是否可能引起污闪事故。作为判断外绝缘设备是否需要清洗或更换的依据。

我公司根据电力行业防治污闪的要求，针对进口电导仪器不能直接读出盐密度值的弊端，以及其对绝缘子盐密测试的不适应性，开发了最适合用户需求的 ZSCT1A 绝缘子直读式等值盐密度测试仪，操作简单、功能齐全，得到了行业客户的一致认可。

目录

引言.....	1
一、仪器介绍.....	3
二、依据标准.....	4
三、术语解释.....	4
四、性能指标.....	4
4.1 测量范围.....	4
4.2 测量精度.....	4
4.3 显示输出方式.....	5
4.4 使用条件.....	5

4.5 体积与重量.....	5
五、产品特点.....	5
六、功能详解.....	6
6.1 主界面.....	6
6.2 主菜单.....	7
6.3 存储与打印	7
6.4 实验参数设置.....	7
6.4.1 电极常数设置.....	7
6.4.2 绝缘子表面积设置.....	8
6.4.3 溶液体积设置.....	8
6.4.4 溶液温度设置.....	8
6.4.5 退出实验参数设置.....	9
6.5 系统设置.....	9
6.5.1 日期时间设置.....	10
6.5.2 屏幕对比度设置.....	10
6.5.4 退出系统.....	10
6.6、历史数据.....	10
6.6.1 历史数据的查看和打印.....	10
6.6.3 删除历史数据.....	11
七、测试步骤.....	11
表1 绝缘子表面积与盐密测量用水量的关系.....	11
八、保养维护.....	13
九、随机附件.....	14
售后服务.....	15
附录	15

一、仪器介绍

ZSCT1A 智能电导盐密测试仪，也称为直读式等值盐密度测试仪，专为测试绝缘子等值盐密度而设计。系统内置绝缘子等值盐密度计算公式，读数直观。使用旋转鼠标，操作简单。仪器自带微型打印机，方便数据保留和对比。大屏幕液晶显示，所有参数和结果一目了然。内置大容量锂电池，方便野外现场测试。

仪器遵照 GB/T 16434—1996《高压架空线路和发电厂、变电所环境污区分级及外绝缘选择标准》的规定和要求，适用于高线架空线路、发电厂、变电所等场所的外绝缘设备盐密度测试。

二、依据标准

GB /T 4585-2004 / IEC 60507 :1 991 《交流系统用高压绝缘子的人工污秽试验》
GB/T 16434—1996 《高压架空线路和发电厂、变电所环境污区分级及外绝缘选择标准》
GB 311.1—83 《高压输变电设备的绝缘配合》
GB/T 5582—93 《高压电力设备外绝缘污秽等级》

三、术语解释

等值盐密度：指污秽液等效为相同电导氯化钠溶液的溶质密度，通常以 Kg/m^3 表示。

绝缘子的爬电比距：绝缘子的总爬电距离 L 除以试验电压与 $\sqrt{3}$ 的积；它通常以 mm/kV 来表示。

污秽层：由盐和惰性材料组成的绝缘子表面上的导电电解层。

附盐密度（SDD）：沉积在绝缘子一给定表面（金属部分和胶合材料不计入此表面）上的盐量除以该表面的面积；它通常以 mg/cm^2 表示。

四、性能指标

4.1 测量范围

盐 密：0.0001 mg/cm^2 ~ 9.9999 mg/cm^2 （按 X-4.5 型绝缘子为准）

温 度：0 $^{\circ}\text{C}$ ~ 95 $^{\circ}\text{C}$

电导率：0 ~ 100000 $\mu\text{s}/\text{cm}$

4.2 测量精度

盐 密：分辨率 0.0001 位，满量程精度优于 $\pm 2\%$

温 度：分辨率 0.1 位，精度优于 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$

电导率：分辨率为量程的 1/1000，满量程精度优于 $\pm 0.5\%$

注：在测试低浓度溶液时选用电极常数 K 值小的电极；在测试高浓

度溶液时选用电极常数 K 值大的电极。详细选型参见第九节随机附件部分。

4.3 显示输出方式

- A. 液晶显示测量结果。
- B. 通过打印机可直接输出测量数据。
- C. 通过数据线上传到电脑进行处理。

4.4 使用条件

环境温度：0℃ ~ 50℃

相对湿度：≤80%

电 源：AC220V ±10%

4.5 体积与重量

体积：355mm×250mm×140mm

重量：约 2.5KG

五、产品特点

1. 直读式。绝缘子表面盐密度直接显示。
2. 采用进口铂电极，稳定可靠。
3. 测量范围大。盐密测量范围为 0.0001mg/cm²~ 9.9999mg/cm²。
4. 仪器带微型打印机，方便现场准确、真实、有效地记录结果。
5. 仪器内置大容量充电锂电池，并带有电量显示功能。方便野外使用。
6. 具有温度自动补偿功能。溶液电导值自动补偿为 20℃时的取值。

7. 测量数据准确，盐密分辨率 0.0001 位。
8. 具有系统自动校验功能。开机自动校验，提高测量准确度。
9. 采用旋转鼠标菜单操作。操作简单易学，方便使用。
10. 全量程自动切换。提高了低盐密度时的准确度。
11. 中文液晶显示。（可以根据客户要求定制全英文显示）
12. 显示屏具有背光功能。
13. 可以测量溶液的电导率、温度等。

六、功能详解

仪器的主要功能是测试绝缘子等值盐密的值，为此需要用户根据实际情况设定绝缘子表面积、溶液体积等参数。仪器配备微型打印机，方便数据记录。仪器可以存储 100 组数据数据，并能查看和删除。

6.1 主界面



图 1

显示主界面如图 1 所示，显示的内容包括溶液的温度、体积、电导率（Cond），绝缘子表面积，使用电导电极的电极常数，系统日期和时间，仪器当前电量和绝缘子表面等值盐密度（ESD）和污秽等级。

6.2 主菜单

菜
功
置,
细



在图 1 的界面下按下鼠标，即进入图 2 主菜单界面。

主菜单如图 2 所示，包括了仪器的主要功能：数据的保存与打印，实验参数的设置，系统参数的设置，历史数据查看。下面详细介绍各功能。

图 2

6.3 存储与打印



图 3



图 4

在图 2 的界面下，选定“保存与打印”并按下鼠标，进入图 3 所示界面。旋转鼠标，选定“YES”并按下，则保存本次结果；选定“NO”并按下，则不保存本次结果。

图 3 的操作完成后，系统进入图 4 界面。旋转鼠标，选定“YES”并按下，则打印本次结果；选定“NO”并按下，则不打印本次结果。

6.4 实验参数设置

在主菜单（图 2）下选择“参数设置”并按下鼠标，进入实验参数设置。实验参数设置的内容包括：电极常数设置、绝缘子表面积设置、溶液体积设置、溶液温度及其模式设置。

6.4.1 电极常数设置

我公司配备的电极在其尾部贴有电极常数标识，仪器在出厂时已设为对应值。如果更换电极，请输入其相应的电极常数 K 值。



在图 5 界面下选定“电极常数”并按下鼠标，则开始设置电极常数。

图 5



图 6



图 7

数字输入的方法如图 6 至图 7 所示。旋转鼠标则反白光标在“0-9”、小数点“.”、删除键“←”、确定键“OK”中间循环移动。按下鼠标则选定对应的数字或功能。



图 8

如图所示，输入 1.001 选择“OK”并按下进入图 8 界面。提示是否保存新输入的电极常数 K，选择“YES”并按下，则 K 值设置为新输入值。选择“NO”并按下，则退出设置，进入到图 2 界面。

6.4.2 绝缘子表面积设置

各种型号的绝缘子其表面积有所不同，使用时请输入测试仪绝缘子的表面积。绝缘子表面积具体取值参照附录 A（常用绝缘子表面积及泄露距离一览表）。

在图 5 界面下选择“绝缘子表面积”并按下鼠标开始设置绝缘子表面积的值。其设置方法与电极常数设置方法大致相同，可以参照图 6 至图 7 进行操作。

6.4.3 溶液体积设置

溶液体积在实验时约等于去离子化蒸馏水的体积。用水量以能完全溶解绝缘子表面污秽物中的可溶性盐为宜，具体可参照表 1（绝缘子表面积与盐密测试用水量的关系）。

在图 5 界面下选择“用水体积”并按下鼠标开始设置溶液体积。其设置方法与电极常数设置方法大致相同，可以参照图 6 至图 7 进行设置。

6.4.4 溶液温度设置

相同溶液在不同温度时其电导率会有差异，为了保证结果的可参照性和可比性，仪器可以把实际温度下的电导率转化为 20℃时的对应值，自动进行温度补偿。

溶液温度设置有三种模式，分别为温度自动采集补偿模式，不使用温度补偿模式，用

户自设定模式。

在图5界面下选择“温度补偿”并按下鼠标开始温度设置。



图9

模式一：仪器电导探头中内置温度传感器，可以自动采集溶液温度，并进行温度补偿。图所示“**AUTO**”为仪器默认温度模式，其温度值由温度传感器自动采集。如没有特殊需要，请不要随意更改此参数。

设定方法：旋转鼠标，找到“**AUTO**”模式（如图9）并按下。



图10

模式二：图所示“**NONE**”为不使用温度模式。为了满足特定需要，例如客户需要准确知道当时溶液的电导率值，即可以采用这种模式。

设定方法：设定方法：旋转鼠标，找到“**NONE**”模式（如图10）并按下。

注：不适合绝缘子等值附盐密度的测试。

模式三：用户自设定模式，用户可以自己设定溶液的温度，并以此值进行温度补偿

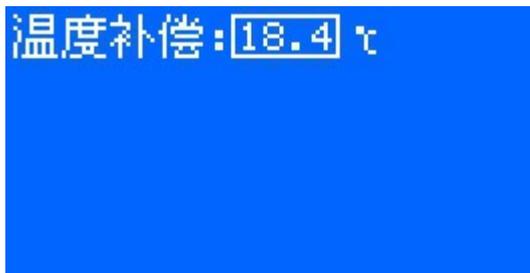


图11

（如图11）。温度取值范围为0.0-50.0。

在以下情况时可以使用此模式：

- 1、温度传感器已损坏或失灵，必须另行采用温度计对溶液温度进行测量。
- 2、采用了更高灵敏度和精度的温度计量设备溶液温度进行测量。

6.4.5 退出实验参数设置

在图5界面下选择“退出设置”并按下鼠标，则退出实验参数设置，返回到图1界面。

6.5 系统设置



在主菜单（如图2）下选择“系统设置”并按下鼠标，进入系统设置（如图12）。内容包括：日期与时间的设置、显示屏对比度的设置、系统版本信息的查看。

图 12

6.5.1 日期时间设置

日期和时间对测试结果具有重要意义，本仪器出厂时设置的时间和日期以北京时间一致。日期格式为年/月/日，时间格式为时：分：秒。



在图 12 界面下选择“时间日期”并按下则开始时间设置（如图 13）。

图 13

6.5.2 屏幕对比度设置



根据仪器使用环境温度的不同，可以调节屏幕对比度，以获得最佳的显示效果。

屏幕对比度的取值为 0-15，室内常温下取值设为 8 或 9。温度越低，取值越大为宜。

在图 14 界面下选择“显示对比度”并按下则开始屏幕设置（如图 14）。

图 14

6.5.4 退出系统

在图 12 界面下选择“退出设置”并按下鼠标，则退出系统设置，回到图 1 界面。

6.6、历史数据

历史数据为测试完成后选择保存的数据。对历史数据的操作包括查看和删除。在图 2 主菜单界面下选择“历史数据”并按下则进入历史数据操作界面。

6.6.1 历史数据的查看和打印



在图 15 所示界面下选择一组数据并按下鼠标则出现操作菜单。

1、选择“查看”并按下鼠标，则显示这组数据的详细信息。再按下鼠标，则退回历史数据界面。

2、选择“打印”并按下鼠标，则打印该组数

据。

图 15

6.6.3 删除历史数据

选择“删除”并按下鼠标，则弹出删除菜单（如图 16）。

对历史数据进行删除清理可以释放部分存储空间。仪器的存储容量为 100 组，记录满 100 组后，当保存新数据时会自动删除最早的记录。



删除操作包括删除单组数据和删除所有数据。

- 1、删除一条数据只会删除当前选定的该组数据。
- 2、删除全部数据会清空数据存储空间，请谨慎操作。

图 16

七、测试步骤

7.1 选取绝缘子

带电绝缘子串应取上数第二片、中间一片、下数第二片三片绝缘子；非带电绝缘子串应取任意位置的三片绝缘子。

7.2 配置溶剂

建议选用去离子水，即蒸馏水，或者饮用纯净水，要求其电导率小于 $10 \mu\text{S}/\text{cm}$ 。

取水量过少时，会造成污秽中的可溶性盐份未能全部溶解。建议取水量参照下面 2 种方法之一。

方法一：对单片普通型悬式绝缘子，建议用水量按 300ml 取。当被测绝缘子（包括悬式绝缘子及支柱绝缘子的单元裙段）的表面积与普通型悬式绝缘子不同时，可根据面积大小按比例适当增减用水量，具体用水量如下表：

表1 绝缘子表面积与盐密测量用水量的关系

面积 cm^2	≤ 1500	$> 1500 \sim 2000$	$> 2000 \sim 2500$	$> 2500 \sim 3000$
用水量, ml	300	400	500	600

方法二：按每平方厘米表面积用水 0.2ml 计算总用水量。

7.3 擦拭表面污秽

建议使用洁净滤纸、棉球或纱布等对绝缘子表面进行擦拭。

以纱布和蒸馏水为例，擦拭步骤如下：

- 1、取两种纱布侵入上述 7.2 中配置好的蒸馏水中，再用洁净镊子把水挤干后取出。
- 2、使用第一片湿纱布擦拭绝缘子，直至绝缘子表面基本洁净。
- 3、使用第二片湿纱布擦拭绝缘子，直至绝缘子表面完全洁净。

注意：湿纱巾取出时以不滴水为宜，保证在擦拭时溶液不流失，否则测试结果会有偏差。

7.4 溶解

将上述沾有绝缘子污秽的取样巾放入准备好的去离子水中，充分搅拌，使污秽充分溶解在去离子水中，得到污秽溶液。

注：未溶解物质为非可溶性物质，其对测试结果没有影响。

7.5 测试

将电极插入溶液中，等待 2 分钟后再读数。本仪器内置绝缘子等值附盐密度的计算公式，可以直接读出盐密值。

注意事项：1、宜将电极长度的 1/3 以上插入溶液，过短将会影响温度测量。

2、测试时不宜让电极接触杯壁，以免影响电导值和温度值。

7.6 结果存储和打印

上述步骤完成后，本次测量即完成。按下仪器鼠标进入存储和打印界面，操作方法参照 6.3 节。

7.7 结果上传并生成报表

仪器附件中的光盘插入计算机光驱中，参照光盘中的安装说明书，安装软件 CASDtester.exe。

安装完成后的界面如图 17 所示。

图 17

软件界面采用人性化图标操作，简单易学。主要功能如下：



1、通讯连接。在开机状态下使用配置的通讯线连接仪器与微机，RS-232 端接仪器，USB 端接微机。操作：单击此图标，通讯连通；再单击此图标，则开连接。



2、数据同步。在通讯连通状态下，使微机数据与仪器同步，即获得仪器最新的测试数据。



3、生成报表。单击此图标，将列表中的所有数据生成 Excel 数据报表。



4、生成报告单。选中一组数据，单击此图标生成测试报告单。

八、保养维护

8.1 仪器保护

- a) 本仪器属于电子精密仪器，使用时请轻拿轻放。
- b) 机箱为铝合金材料，接触腐蚀性物质，碰撞尖锐物体，都可能影响器外观。
- c) 请勿将液体泼溅于仪器，可能导致仪器内部电路故障。
- d) 请将仪器置于通风干燥处存放。
- e) 请使用电压 220V 市电电源。

8.2 电极维护

- a) 电极为仪器最精密的附件，请务必妥善保管。

- b) 玻璃铂电极，容易破损，请使用时不要与烧杯壁碰撞。
- c) 仪器使用完后，将电极用试纸擦拭干净后存放。
- d) 如发现镀铂黑电极失灵，可浸入 10%硝酸或盐酸溶液中 2 分钟，然后用蒸馏水清洗。
- e) 电极使用满一年后，建议将电极发回公司重新校验其电极常数。
- f) 电极为易损且必备物件，建议购买仪器时配置多只电极，以留备用。

8.3 电池维护

- a) 仪器内置大容量充电锂电池，且具有智能充电管理功能，充满后自动停止充电。
- b) 当仪器长期不使用时，保证电量在 30%时存放为宜。
- c) 在低温条件下使用时，电量会减少，属于正常现象。
- d) 最好将电池电量使用尽后再充电。
- e) 当电量不足时，请不要使用打印功能，否则可能加速电池老化。

8.4 打印机维护

- a) 打印机开盖前请关断仪器电源。
- b) 将新热敏打印纸卷热敏涂层面朝上放入打印机纸仓。
- c) 合上前盖时要让纸从出纸口中伸出一段，让胶轴将纸卷充分压住。
- d) 如果出现打印纸走偏现象，可以重新打开前盖，调整打印纸位置。

九、随机附件

编号	物品	单位	数量
1	仪器主机	台	1
2	电极(K=1.0)	支	1
3	电源线	条	1
4	配套软件光盘	张	1
5	RS-232 数据线	条	1
6	热敏打印纸	卷	1
6	说明书	本	1

特别提示：

建议对不同等级电导率的溶液使用不同的电极，以提高测量精度。

溶液电导率为 1—200 $\mu\text{s}/\text{cm}$ 时，选用电极常数为 0.1 的铂电极。

溶液电导率为 200—2000 $\mu\text{s}/\text{cm}$ 时，选用电极常数为 1.0 的铂电极。

溶液电导率为 2000—10000 $\mu\text{s}/\text{cm}$ 时，选用电极常数为 10 的铂黑电极。

售后服务

1、本公司生产的产品，在发货之日起一个月内，如出现产品缺陷，实行包换。

2、本仪器保修三年，凡在保修期内用户遵循运输、贮存和使用规则，有质量问题本公司负责保修。**注：电极不在保修范围。**

3、仪器使用超过保修期，公司负责长期维修，并跟踪售后服务。

4、若仪器出现故障，请寄回本公司修理，不得自行拆开仪器。

5、未经我公司许可不得拆卸本测试仪。本仪器内部有非法开盖自毁程序，如擅自打开本测试仪则不予保修和退换。

附录

附录 A

常用绝缘子表面积及泄露距离一览表

序号	绝缘子型号	上表面积 cm ²	下表面积 cm ²	总表面积 cm ²	泄露距离 mm	生产厂家
1	FC70~FC120/146 (127)	566	1083	1649	320	四川 自贡 塞迪 维尔 钢化 玻璃 绝缘 子有 限公 司
2	BC8~BC12/146 (127)	566	1083	1649	320	
3	FC160/155 (146, 170)	825	1492	2317	380	
4	BC160/155 (146, 170)	825	1492	2317	380	
5	FC210/170	854	1458	2312	400	
6	FC300/195	1020	2157	3177	485	
7	FC7P~FC12P/146	611	1392	2003	400	
8	BC8P~BC12P/146	611	1392	2003	400	
9	FC70P~FC120P/146	881	1646	2527	450	
10	BC80P~BC120P/146	881	1646	2527	450	
11	FC16P/155 (170)	895	1794	2689	450	
12	FC160P/170 (155)	1198	2541	3739	550	
13	FC210P/170	1183	2536	3719	550	
14	FC300P/195	1627	3718	5345	690	
15	FC70D~FC120D/127 (146)	1184	1203	2387	365	

16	FC160D/146 (155)	1500	1769	3269	380	南京 电气 集团 有限 公司 (原 南京 电瓷 总 厂)	
17	FC210D/155 (170)	1433	1468	2901	375		
18	LXY-70 LXY4-70	648	862	1510	320		
19	LXY-100	548	862	1410	320		
20	LXY-120	648	862	1510	320		
21	LXY-160 LXY3-160 LXY4-160	773	1325	2098	380		
22	LXY3-210	859	1459	2318	390		
23	LXY-240	859	1459	2318	390		
24	LXY-300	1097	2041	3138	485		
25	LXHY-70 LXHY4-70	870	1378	2248	400		
26	LXHY5-70	975	1601	2576	450		
27	LXHY4-100	975	1601	2576	450		
28	LXHY4-120	975	1601	2576	450		
29	LXY3-210	859	1459	2318	390		
30	LXY-240	859	1459	2318	390		
31	LXY-300	1097	2041	3138	485		
32	LXHY-70 LXHY4-70	870	1378	2248	400		
33	LXHY5-70	975	1601	2576	450		
34	LXHY4-100	975	1601	2576	450		
35	LXHY4-120	975	1601	2576	450		
36	LXHY3-160 LXHY4-160	993	1806	2799	450		
37	LXHY5-160 LXHY6-160	1256	2415	3671	545		
38	LXHY4-210	1256	2415	3671	545		
39	LXAY-120	946	784	1730	360		
40	LXZY-160	1256	2415	3671	545		
41	LXZY-210	1256	2415	3671	545		
42	LXZY-300	1811	3152	4963	635		
43	XP-70	674	917	1591	295		大连 电瓷 厂
44	XP-100	670	807	1477	295		
45	XP-160	681	891	1572	305		
46	XP-210	874	1112	1986	335		
47	XP2-210	950	1337	2287	370		
48	XP1-300	127	1994	2121	485		
49	XWP1-70	1162	861	2023	400		
50	XWP2-70	1162	861	2023	400		

51	XWP2-100	1288	1208	2496	450
52	XWP2-160	1551	1208	2759	450
53	XWP-210	1423	1360	2783	450
54	XDP-70C	336	382	718	160
55	XDP-70CN	336	382	718	160
56	XWP-7	1210	803	2013	410
57	X-4.5	645	805	1450	300
58	XP-7	685	715	1400	290
59	XP-10	645	805	1450	295
60	LXP-7	685	715	1400	290

补充：直流绝缘子表面积

序号	型号(吨位)	上表面积 cm ²	下表面积 cm ²	总表面积 cm ²	厂家
1	CA-774EZ (210)			3754	NGK
2	CA-772EZ (160)	2900	845	3745	
3	CA-776EZ (300 三伞)	3951	1268	5219	
4	CA-765EZ (300)	2055	3055	5110	
5	CA-735EZ (160)	1355	2295	3650	
6	CA-745EZ (210)	1355	2295	3650	
7	CA-765EZ (400)			3980	
8	大连 160KN	1355	2185	3540	
9	自贡 160KN	1355	2325	3680	

附录 B

线路和发电厂、变电所设备外绝缘各污秽等级和对应的盐密规定划分

污 秽 等 级	污 湿 特 征	盐密, mg/cm ²	
		线 路	发电厂、变 电 所
0	大气清洁地区及离海岸盐场 50km 以上无明显污染地区	≤0.03	—
I	大气轻度污染地区, 工业区和人口低密集区, 离海岸盐场 10km~50km 地区。在污闪季节中干燥少雾(含毛毛雨)或雨量较多时	>0.03~0.06	≤0.06
II	大气中等污染地区, 轻盐碱和炉烟污秽地区, 离海岸盐场 3km~10km 地区, 在污闪季节中潮湿多雾(含毛毛雨)但雨量较少时	>0.06~0.10	>0.06~0.10
III	大气污染较严重地区, 重雾和重盐碱地区, 近海岸盐场 1km~3km 地区, 工业与人口密度较大地区, 离化学污源和炉烟污秽 300m~1500m 的较严重污秽地区	>0.10~0.25	>0.10~0.25
IV	大气特别严重污染地区, 离海岸盐场 1km 以内, 离化学	>0.25~0.35	>0.25~0.35

污源和炉烟污秽 300m 以内的地区		
-----------------------	--	--

附录 C

各污秽等级电力设备的爬电比距规定

污秽等级	爬电比距, cm/kV			
	线 路		发电厂、变电所	
	220kV 及以下	330kV 及以上	220kV 及以下	330kV 及以上
0	1.39 (1.60)	1.45 (1.60)	—	—
I	1.39~1.74 (1.60~2.00)	1.45~1.82 (1.60~2.00)	1.60 (1.84)	1.60 (1.76)
II	1.74~2.17 (2.00~2.50)	1.82~2.27 (2.00~2.50)	2.00 (2.30)	2.00 (2.20)
III	2.17~2.78 (2.50~3.20)	2.27~2.91 (2.50~3.20)	2.50 (2.88)	2.50 (2.75)
IV	2.78~3.30 (3.20~3.80)	2.91~3.45 (3.20~3.80)	3.10 (3.57)	3.10 (3.41)

注：①线路和发电厂、变电所爬电比距计算时取系统最高工作电压。上表()内数字为按额定电压计算值。